

**ANALISIS PERBANDINGAN KANDUNGAN
LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM
(Cd) PADA AIR MINUM DALAM KEMASAN
DAN AIR MINUM ISI ULANG DI
KECAMATAN SUKARAME
BANDAR LAMPUNG**

Skripsi

Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-Syarat
Guna Mendapatkan Gelar Sarjana dalam Ilmu Pendidikan Biologi

Oleh :

**RIZKIA DITA FARENDA
NPM. 1711060229**

Jurusan Pendidikan Biologi



Pembimbing I : Dr. Rina Budi Satiyarti, M.Si

Pembimbing II : Welly Anggraini, M.Si

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN LAMPUNG
1443 H/2021 M**

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA AIR MINUM DALAM KEMASAN DAN AIR MINUM ISI ULANG DI KECAMATAN SUKARAME BANDAR LAMPUNG

Oleh

Rizkia Dita Farenda

1711060229

Air menjadi kebutuhan penting bagi kehidupan, salah satu kebutuhan air adalah untuk minum. Meningkatnya kebutuhan air untuk minum menyebabkan peningkatan sarana penyediaan air minum, diantaranya air minum dalam kemasan dan air minum isi ulang. Logam berat merupakan istilah untuk unsur-unsur transisi yang mempunyai massa atom yang tinggi, beracun, dan tidak dapat diproses oleh organisme hidup. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada air minum dalam kemasan dan air minum isi ulang dengan standar Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010 menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Sampel dari penelitian ini adalah lima merk air minum dalam kemasan dan dua belas air minum isi ulang yang berada di kecamatan Sukarame. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari keseluruhan sampel yang dianalisis, beberapa diantaranya masih mengandung logam berat di atas standar yang telah ditetapkan Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010 maksimal Pb 0.01 mg/L dan maksimal Cd 0.003 mg/L. Analisis kandungan Pb dan Cd yang dilakukan pada air minum dalam kemasan memperlihatkan hanya satu dari lima sampel telah memenuhi standar untuk kualitas air minum yaitu sampel AMDK5 dengan konsentrasi Pb -0.007 mg/L dan konsentrasi Cd 0.001 mg/L, sedangkan empat sampel lainnya memiliki konsentrasi Pb dan Cd di atas standar. Sedangkan untuk analisis Pb dan Cd pada air minum isi ulang diperoleh hasil yang bervariasi. Lima dari dua belas sampel air minum isi ulang memiliki konsentrasi Pb melebihi standar maksimal 0.01 mg/L. berdasarkan hasil analisis, kandungan Cd pada dua belas sampel air minum isi ulang belum memenuhi standar, karena masih berada di atas nilai 0.003 mg/L.

Kata kunci : Air minum, Timbal, Kadmium, Spektrofotometri Serapan Atom

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizkia Dita Farenda
NPM : 1711060229
Jurusan/Prodi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Perbandingan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Air Minum dalam Kemasan dan Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Sukarame Bandar Lampung” adalah benar merupakan karya sendiri dan bukan merupakan duplikasi atau saduran dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dirujuk dan disebut dalam *footnote* atau daftar pustaka. Apabila dilain waktu terbukti adanya penyimpangan dalam karya ini, maka tanggung jawab sepenuhnya ada pada penyusun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi.

Bandar Lampung, 10 November 2021
Penulis,



Rizkia Dita Farenda
NPM. 1711060229



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Alamat: Jl. Letkol H. Endro Suratmin Sukarama Bandar Lampung Telp (0721)703260

PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Air Minum dalam Kemasan dan Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Sukarama Bandar Lampung

Nama : Rizkia Dita Farenda

NPM : 17110602229

Jurusan : Pendidikan Biologi

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

MENYETUJUI

Untuk dimunaqosyahkan dan dipertahankan dalam Sidang Munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Rina Budi Sativarti, M.Si
NIP.198301072005012005

Welly Angraini, M.Si
NIP.-

Mengetahui,
Ketua Prodi Pendidikan
Biologi

Dr. Eko Kuswanto, M.Si
NIP.197505142008011009



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
PENDIDIKAN BIOLOGI

Alamat : Jl. Let. Kol. H. Endro suratmin, Sukarame Bandar Lampung Telp. (0721) 703260

PENGESAHAN MUNAQOSAH

Skripsi dengan judul **"Analisis Perbandingan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Air Minum dalam Kemasan dan Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Sukarame Bandar Lampung"** disusun oleh **Rizkia Dita Farenda, NPM.1711060229**, Jurusan: **Pendidikan Biologi**, telah diujikan dalam sidang Munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung pada Hari/Tanggal: Selasa, 23 November 2021.

TIM MUNAQOSYAH

Ketua : **Dr. Achi Rinaldi, M.Si.**

Sekretaris : **Indarto, M.Sc.**

Penguji Utama : **Nurhaida Widiani, M.Biotech.**

Penguji Pendamping I : **Dr. Rina Budi Satiyarti, M.Si.**

Penguji Pendamping II : **Welly Anggraini, M.Si.**

Bandar Lampung, 23 November 2021

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

Prof. Dr. Hj. Nisya Diana, M.Pd.

NPM.196408281988032002



MOTTO

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ (١٠)
تُسَيِّمُونَ

*“Dialah yang telah menurunkan air (hujan) dari langit untuk kamu,
sebagiannya menjadi minuman dan sebagiannya (menyuburkan)
tumbuhan, padanya kamu menggembalakan ternakmu”*

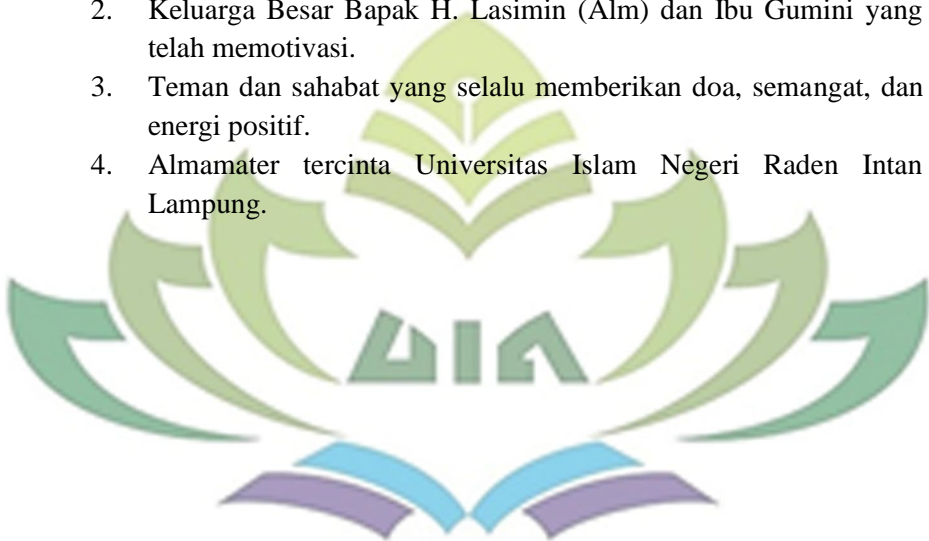
(QS. An Nahl :10)



PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobil'alamin, puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi guna mendapatkan sarjana di Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Dengan ini, Penulis persembahkan karya ini kepada:

1. Kedua orangtua tercinta, Bapak Isdianto, SE dan Ibu Titik Yuli Elfa, Amd.Kep yang senantiasa memberikan doa dan dukungan baik secara moral dan materil.
2. Keluarga Besar Bapak H. Lasimin (Alm) dan Ibu Gumini yang telah memotivasi.
3. Teman dan sahabat yang selalu memberikan doa, semangat, dan energi positif.
4. Almamater tercinta Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.



RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Metro, pada tanggal 07 Februari 1999 yang merupakan putri pertama dari pasangan Bapak Isdianto, SE dan Ibu Titik Yuli Elfa, Amd.Kep.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 3 Bumi Mulyo, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Sekampung Udik Lampung Timur dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya penulis melanjutkan jenjang pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Seputih Banyak Lampung Tengah dan selesai menempuh pendidikan pada tahun 2017. Selama menempuh pendidikan sekolah menengah, penulis aktif dalam ekstrakurikuler seni tari.

Pada tahun 2017, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi di Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung melalui jalur UMPTKIN. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bumi Mulyo Kecamatan Sekampung Udik Lampung Timur dan melaksanakan Praktik Pengalaman Lapangan (PPL) di MTs Negeri 1 Bandar Lampung.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, kekuatan, dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Perbandingan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Air Minum dalam Kemasan dan Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Sukarame Bandar Lampung”. Sholawat serta salam semoga selalu senantiasa terlimpahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat serta umatnya yang setia padanya.

Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak selama proses penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
2. Dr. Eko Kuswanto, M.Si. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi.
3. Nurhidayah, M.Pd. selaku Sekretaris Program Studi Pendidikan Biologi.
4. Dr. Rina Budi Satiyarti, M.Si. selaku Pembimbing I yang telah membimbing penulis.
5. Welly Angraini, M.Si. selaku Pembimbing II yang dalam keadaan hamil telah sabar membimbing dan memberikan banyak masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen Pendidikan Biologi yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.
7. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas amal kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Mengingat keterbatasan kemampuan dan

pengetahuan penulis, maka kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Bandar Lampung, September 2021
Penulis

Rizkia Dita Farenda
NPM. 1711060229



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
ABSTRAK	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
SURAT PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Penegasan Judul	1
B. Latar Belakang Masalah	1
C. Identifikasi dan Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Manfaat Penelitian.....	7
G. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	8
H. Sistematika Penulisan	8
BAB II LANDASAN TEORI DAN PENGAJUAN HIPOTESIS	
A. Air Minum dalam Kemasan	10
B. Air Minum Isi Ulang	14
C. Standar Baku Mutu Air Minum	15
D. Pencemaran Logam dalam Air	17
E. Timbal (Pb) dan Toksisitasnya	19
F. Kadmium (Cd) dan Toksisitasnya	21
G. Spektrofotometer Serapan Atom	23
H. Kerangka Berpikir	27
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
B. Pendekatan dan Jenis Penelitian	29
C. Populasi, Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel	29
D. Definisi Operasional Variabel	29

E. Instrumen Penelitian	
1. Pengumpulan Data	30
2. Alat dan Bahan.....	30
3. Cara Kerja.....	31
F. Teknik Analisis Data	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil	34
B. Pembahasan	39

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	46
B. Rekomendasi	46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Parameter Wajib Kualitas Air Minum	15
Tabel 2.2 Parameter Tambahan Kualitas Air Minum	16
Tabel 2.3 Jenis-Jenis Gas Pembakar pada SSA	25
Tabel 4.1 Data Absorbansi Larutan Kerja Pb	34
Tabel 4.2 Konsentrasi Pb pada Air Minum dalam Kemasan	35
Tabel 4.3 Konsentrasi Pb pada Air Minum Isi Ulang	35
Tabel 4.4 Data Absorbansi Larutan Kerja Cd	37
Tabel 4.5 Konsentrasi Cd pada Air Minum dalam Kemasan	37
Tabel 4.6 Konsentrasi Cd pada Air Minum Isi Ulang	38



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proses Produksi Air Minum dalam Kemasan	11
Gambar 2.2 Gambar Alat Spektrofotometer Serapan Atom	23
Gambar 2.3 Sistematika Spektrofotometer Serapan Atom	24
Gambar 2.4 Lampu Katoda Berongga	24
Gambar 4.1 Kurva Kalibrasi Pb	35
Gambar 4.2 Kurva Kalibrasi Cd	37



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Konsentrasi Pb

Lampiran 2 Perhitungan Konsentrasi Cd

Lampiran 3 Sertifikat Analisis

Lampiran 4 Dokumentasi

Lampiran 5 Surat Menyurat



BAB I

PENDAHULUAN

A. Penegasan Judul

Adapun penegasan judul dari penelitian tentang “**Analisis Perbandingan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Air Minum dalam Kemasan dan Air Minum Isi Ulang**” adalah sebagai berikut:

1. Analisis dikenal sebagai penyelidikan suatu peristiwa untuk menentukan keadaan sebenarnya.¹
2. Logam berat ialah unsur kimia dengan kerapatan melebihi 5g/cm^3 , bersifat toksin, serta berada diantara nomor atom 22 sampai 92 dalam sistem periodik unsur.²
3. Timbal (Pb) atau timah hitam ialah unsur berwarna kelabu kebiruan dengan nomor atom 82 dan bersifat lentur dan lunak.³
4. Kadmium (Cd) merupakan senyawa anorganik beracun yang berwarna putih kebiruan, dan lunak.⁴
5. Air minum ialah air yang dapat diminum atau dikonsumsi yang memenuhi standar tertentu.⁵

B. Latar Belakang Masalah

Air menjadi kebutuhan penting bagi kehidupan seluruh makhluk hidup, terutama manusia. Kebutuhan manusia akan air berbeda-beda untuk setiap aktivitasnya, salah satu yang terpenting adalah air untuk minum. Seperti yang telah Allah SWT firmankan dalam Surat An Nahl ayat 10 :

¹ Kamus Besar Bahasa Indonesia Online, <https://kbbi.kemendikbud.go.id/> diakses pukul 21.03, 23 September 2020.

² Abiyu Armijn dkk., “Perbandingan Bioakumulasi Logam Berat Melalui Kontak Lingkungan pada Mangrove , Crustacea (*P. monodon*), dan Bivalvia (*Anadara sp.*) (Studi Kasus : Paparan Bahan Pencemar Lumpur Lapindo),” no. 907 (2020), <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27602.58565>. hal 4

³ Denny A., “Deteksi Pencemaran Timah Hitam (Pb) dalam Darah Masyarakat yang Terpapar Timbal (*Plumbum*)” *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol 2, No 1 (2005) hal 68

⁴ Kamus Besar Bahasa Indonesia Online, diakses 23 september 2021

⁵ Ibid.,

تُسَيِّمُو فِيهِ شَجَرٌ وَمِنْهُ شَرَابٌ مِّنْهُ لَكُمْ مَاءُ السَّمَاءِ مِمَّنْ أَنْزَلَ الَّذِي هُوَ (10)

Artinya: “Dialah yang telah menurunkan air (hujan) dari langit untuk kamu, sebagiannya menjadi minuman dan sebagiannya (menyuburkan) tumbuhan, padanya kamu menggembalakan ternakmu.” (QS. An Nahl (16) Ayat 10)

Penyusun tubuh manusia terdiri atas 70% air, sebabnya sangat perlu diperhatikan kualitas air yang masuk ke dalam tubuh manusia. Meningkatnya kebutuhan air untuk minum menyebabkan peningkatan sarana penyediaan air minum, baik air minum dalam kemasan maupun air minum isi ulang⁶.

Saat ini telah tercatat ada 13 industri Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) yang berdiri di Kecamatan Sukarame Kota Bandar Lampung. Hingga saat ini juga telah tercatat ada 7 Perusahaan Air Minum dalam Kemasan di Lampung yang produknya tersebar untuk diperjual belikan.⁷

Antara AMDK dan AMIU terdapat perbedaan harga yang cukup signifikan. Umumnya air minum dalam kemasan memiliki harga jual lebih tinggi daripada air minum isi ulang. Harga disebut sebagai cerminan nilai. Harga dan nilai merupakan istilah yang saling berhubungan dalam dunia ekonomi. Nilai adalah sebuah ungkapan mengenai kemampuan suatu produk dalam menarik perhatian dalam aktivitas jual beli. Nilai dan harga disebut mempengaruhi kualitas suatu produk.⁸

Kedua jenis air minum tersebut sama-sama bersumber dari alam, karenanya hal utama yang perlu diperhatikan adalah kualitas sumber air industri tersebut. Perlu dipastikan bahwa air yang digunakan untuk industri air minum tidak boleh tercemar, yang salah satunya adalah pencemaran logam berat. Pencemaran

⁶ Imelda Gernaui Purba, “Pengawasan Terhadap Penyelenggaraan Depot Air Minum dalam Menjamin Kualitas Air Minum Isi Ulang” *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat* 6, no. 2 (2015): 65–66.

⁷Inti Bintang Fortuna, “Pengaruh Kualitas Produk dan Harga Terhadap Keputusan Pembelian Air Minum dalam Kemasan (AMDK) Merek Aqua dalam Perspektif Ekonomi Islam” (Skripsi, Bandar Lampung: UIN Raden Intan Lampung, 2018) hal 9; Kecamatan Sukarame dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung.

⁸Faried Widjaya Irawan, *Pemasaran Prinsip dan Kasus* (Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta, 1996). Hal 110

logam berat dapat sangat mempengaruhi kualitas air dan berdampak buruk tidak hanya pada manusia tetapi juga makhluk perairan. Pencemaran logam di perairan menyebabkan masalah kesehatan seperti gangguan neurologis serius yang ditemukan di daerah Minamata di Jepang.⁹ Air dan udara berpotensi menjadi sumber pencemar logam berat bagi lingkungan, yang pada akhirnya dapat berujung pada pencemaran tanah. Selanjutnya, makhluk hidup yang berada di perairan akan ikut terkontaminasi, begitu juga dengan tumbuhan yang hidup di atasnya.¹⁰

Salah satu yang menjadi standar kualitas air minum adalah kontaminasi logam berat di dalamnya. Telah diatur dalam permenkes No. 492 tahun 2010 batas maksimum logam dalam air minum. Logam berat dapat secara alami terbentuk di bumi. Logam berat tidak terpecah dalam tubuh dan akan berbahaya jika tertimbun dalam jangka waktu yang lama. Laju penimbunan logam berat dalam tubuh, pada banyak kasus lebih cepat dari daya tubuh untuk mengekskresikannya. Karenanya jumlah logam di dalam tubuh semakin meningkat, dan semakin lama memberikan imbas yang makin buruk bagi kesehatan. Sebagian masyarakat berpikir bahwa merebus air siap minum adalah cara yang tepat untuk mengolah air, sehingga aman untuk dikonsumsi. Merebus air minum dengan suhu tinggi hanya dapat membunuh mikroorganisme dalam air, sedangkan logam berat dan partikel padat lainnya tidak bisa dihilangkan dengan merebus, melainkan harus melalui proses filtrasi atau penyaringan.¹¹

⁹ Ken Ichiro Inoue, "Heavy Metal Toxicity", *Journal Clinic Toxicol*, 2013. Hal 1

¹⁰ Titin Agustina, "Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya pada Kesehatan," *Teknobuga* 1, no. 1 (2014): 53–65. Hal 54

¹¹ Freshty Kesumaningrum, Nurul Afifah Ismayanti, dan Muhaimin Muhaimin, "Analisis Kadar Logam Fe, Cr, Cd dan Pb dalam Air Minum Isi Ulang di Lingkungan Sekitar Kampus Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)," *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)* 2, no. 01 (2019): 41–46, <https://doi.org/10.20885/ijca.vol2.iss1.art6>; Meity Mulya Susanti Purhadi, Anita lufianti, "Perbedaan Air Minum Masak dan Air Minum Ultraviolet Terhadap Adaya Bakteri E.Coli Di Kecamatan Karangrayung Kabupaten Grobongan," *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* 3, no. 1 (2010): 1–7.

Kontaminasi logam berat dalam air minum yang bahkan dalam dosis rendah dapat menjadi racun dalam tubuh manusia adalah timbal (Pb) dan kadmium (Cd). Timbal dan kadmium dikenal sebagai *The big three heavy metal* bersama dengan merkuri (Hg), hal ini karena logam tersebut memiliki daya racun yang sangat tinggi dan tidak dibutuhkan oleh tubuh (logam berat non-esensial). Kadmium dan timbal ialah logam berat yang sangat berbahaya karena tidak dapat dirusak (*non-degradable*) oleh makhluk hidup dan dapat terkumpul di lingkungan, membentuk senyawa kompleks dengan komponen organik dan non-organik di dasar air.¹²

Tingginya harga AMDK di pasaran, membuat masyarakat lebih memilih Air Minum Isi Ulang yang harganya lebih ekonomis meskipun belum terjamin kualitasnya. Pada dasarnya terdapat perbedaan dalam pengadaan industri AMDK dan AMIU, diantaranya jika pada industri Air Minum dalam Kemasan harus memiliki laboratorium yang terstandar paling tidak melalui proses kalibrasi oleh lembaga terakreditasi, sedangkan pada industri Depot Air Minum Isi Ulang tidak harus memiliki laboratorium. Industri AMDK berada di lokasi khusus dengan IUI (Izin Usaha Industri), antara ruang mesin, laboratorium mikrobiologi, dan laboratorium kimia fisika harus memiliki sekat yang jelas, sedangkan industri Depot Air Minum Isi Ulang bisa berada di lingkungan perumahan.¹³

Sebuah penelitian memaparkan fakta bahwa banyak industri Depot Air Minum Isi Ulang di Kota Bandar Lampung termasuk di Kecamatan Sukarama yang bertindak tidak sesuai dengan peraturan. Diantaranya seperti tidak melaksanakan penilikan kualitas air minum, serta tidak didapatkannya pendidikan atau pelatihan tentang *higiene* dan sanitasi bagi pengelola depot. Sebanyak 75% pengelola mengaku tidak pernah mengikuti kegiatan penataran atau *training* mengenai

¹² Anselmus Kabuhung, D.T. Sembel, dan I.F.M. Rumengan, "Kadar Logam Berat (Pb, Cd, Hg dan As) pada Sumber dan Air Minum Isi Ulang (AMIU) di Kota Manado," Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan 1 (2013); Nurjhanna Jais, "Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) yang Terdapat dalam Air dan Ikan di Sungai Tallo Makassar" 01, no. 03 (2020): 261–74.

¹³ Oki Ardiyanto, "Kajian Yuridis Sosiologis Tentang Kualitas Air Minum Isi Ulang ditinjau dari Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum" (Skripsi, Semarang : Universitas Negeri Semarang, 2015) hal 23

higiene sanitasi Depot Air Minum Isi Ulang. Mereka beropini bahwa pemeliharaan alat dan sumber air baku yang digunakan sudah baik dan sesuai standar. Menurut mereka, sistem pada alat sudah mampu menghilangkan bakteri maupun partikel lain seperti logam berat yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Oleh karenanya sebagian Depot Air Minum Isi Ulang belum memiliki syarat adanya Sertifikat *Laik Higiene* Sanitasi, sebagaimana yang telah disyaratkan pada PERMENKES No. 43 Tahun 2014, tentang *Higiene* Sanitasi Depot Air Minum BAB III Pasal 4 ayat (2) bahwa izin usaha Depot Air Minum harus memiliki Sertifikat *Laik Higiene* Sanitasi yang berlaku 3 tahun.¹⁴

Perbedaan pengelolaan industri AMDK dan DAMIU, serta adanya praktik tidak sesuai peraturan dari sebagian pengelola depot air minum, diduga juga menyebabkan adanya perbedaan pada kualitas air minum yang diproduksi, salah satunya kadar logam berat pada air minum tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak kadar logam pada Air Minum dalam Kemasan dan Air Minum Isi ulang. Karena jika logam berat dalam air minum tersebut melebihi ambang batas dan dikonsumsi terus menerus, logam tersebut akan terakumulasi dan mengendap dalam tubuh, sehingga dapat mengakibatkan gangguan kesehatan.

C. Identifikasi dan Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, penulis mengidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan akan air bersih untuk kebutuhan sehari-hari semakin meningkat terutama kebutuhan air untuk minum, hal tersebut menyebabkan meningkatnya sarana penyediaan air minum, baik air minum dalam kemasan maupun air minum isi ulang.

¹⁴ Azhari Rangga dkk., “Profil Depot Air Minum Isi Ulang dan Penerapan Analisis TOC pada Pemeriksaan Kualitas Air Minum Berdasarkan Sumber Air yang Digunakan di Bandar Lampung,” *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian* 20, no. 2 (2015): 86–96. hal 90-91; Peraturan Menteri Kesehatan No. 43 Tahun 2014 Tentang *Higiene* Sanitasi Depot Air Minum BAB III Pasal 4 ayat (2).

2. Adanya perilaku menyimpang dari pengelola Depot Air Minum Isi Ulang di Kota Bandar Lampung.
3. Pencemaran logam berat dapat menurunkan kualitas air.
4. Kadar logam berat dalam air yang melebihi ambang batas normal dapat berbahaya bagi kesehatan jika terakumulasi dalam tubuh.

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka batasan masalahnya adalah :

1. Penelitian ini dilakukan pada 5 sampel air minum dalam kemasan berbagai merk dan 12 sampel air minum isi ulang yang diambil dari depot air minum isi ulang di kecamatan Sukarame, Bandar Lampung.
2. Penelitian ini berfokus pada perbandingan kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang terdapat pada air minum dalam kemasan dan air minum isi ulang.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah pada air minum dalam kemasan dan air minum isi ulang yang beredar di Kecamatan Sukarame terkandung logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd)?.
2. Apakah kandungan timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air minum dalam kemasan dan air minum isi ulang yang beredar di Kecamatan Sukarame memenuhi ketentuan PERMENKES No 492 Tahun 2010?.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui konsentrasi logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air minum dalam kemasan dan air minum isi ulang yang beredar di Kecamatan Sukarame.
2. Untuk menganalisis kandungan logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air minum dalam kemasan dan air minum isi ulang yang beredar di Kecamatan Sukarame, yang

dibandingkan dengan ketentuan PERMENKES No 492 Tahun 2010.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai sumber ilmu pengetahuan dalam materi Pencemaran Lingkungan dari jenjang sekolah menengah sampai perguruan tinggi dan bahan masukan bagi lembaga dinas terkait dalam upaya peningkatan kualitas hidup kesehatan masyarakat untuk akses air minum layak yang sesuai standar.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi masyarakat, memberikan informasi mengenai kandungan logam berat timbal dan kadmium yang terkandung dalam AMDK dan AMIU, agar masyarakat lebih bijak dalam memilih air minum.
- b. Bagi peneliti lain, sebagai sumber referensi jika ingin mengembangkan penelitian terkait kualitas air.

G. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan

Terdapat penelitian yang menyatakan bahwa hasil pengukuran logam Cd pada salah satu merk air minum dalam kemasan yang beredar di lingkungan masyarakat mengandung kadar Cd melebihi Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3553-2006 tentang air minum dalam kemasan yaitu untuk Logam Cd maksimal 0,003 mg/L pada air kemasan dengan konsentrasi rata-rata 0.007 mg/L.¹⁵

Penelitian lain yang juga relevan pernah dilakukan di Yogyakarta. Konsentrasi Pb dalam sampel air minum isi ulang menunjukkan bahwa sampel air minum yang dianalisis terkandung Pb senilai 0,21 mg/L. Nilai tersebut diartikan konsentrasi Pb tidak memenuhi standar yang ditentukan oleh Menteri Kesehatan Republik Indonesia melalui Permenkes

¹⁵ Fitrah Amelia dan Rahmi, "Analisa Logam Berat pada Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) yang Diproduksi Di Kota Batam," *Jurnal Dimensi* 6, no. 3 (2017): 434–41. Hal 436

No.492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yaitu maksimum sebesar 0,01mg/L. Begitu juga dengan kadar Cd dalam sampel tersebut yang melebihi standar yang ditentukan yaitu sebesar 0,0083 mg/L.¹⁶

Perbedaan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu terletak pada subjek penelitian. Jika penelitian terdahulu hanya meneliti kandungan logam Pb dan Cd pada salah satu jenis air minum, penelitian ini membandingkan kandungan logam Pb dan Cd pada kedua jenis air minum yaitu air minum dalam kemasan dan air minum isi ulang, dimana keduanya memiliki perbedaan harga yang sangat signifikan.

H. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada proposal yang berjudul “Analisis Perbandingan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Air Minum dalam Kemasan dan Air Minum Isi Ulang” adalah sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Pendahuluan tersusun atas beberapa sub bab yang meliputi penegasan judul tentang garis besar judul penelitian, latar belakang masalah penelitian, identifikasi dan batasan masalah, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kajian penelitian terdahulu yang relevan, dan sistematika penulisan.

2. Bab II Landasan Teori dan Pengajuan Hipotesis

Bab ini berisi mengenai teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan, teori tersebut mencakup tentang air minum dalam kemasan dan air minum isi ulang, standar baku kualitas air minum, pencemaran logam berat dalam air, timbal, kadmium, dan toksisitas timbal dan kadmium bagi tubuh. Selain itu, bab ini juga berisi tentang pengajuan hipotesis penelitian.

3. Bab III Metode Penelitian

¹⁶ Kesumaningrum, Ismayanti, dan Muhaimin, “Analisis Kadar Logam Fe, Cr, Cd dan Pb dalam Air Minum Isi Ulang Di Lingkungan Sekitar Kampus Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).” 2019. Hal 45

Bab ini terdiri atas beberapa sub bab yang meliputi waktu dan tempat penelitian, pendekatan dan jenis penelitian, populasi, sampel, dan teknik pengumpulan data, definisi operasional variabel, instrumen penelitian, serta teknik analisis data.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang hasil penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan mengenai hasil penelitian.

5. Bab V Penutup

Pada bab ini terdiri dari dua sub bab yaitu kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan rekomendasi bagi penelitian selanjutnya.



BAB II

LANDASAN TEORI DAN PENGAJUAN HIPOTESIS

A. Air Minum dalam Kemasan

1. Pengertian Air Minum dalam Kemasan dan Jenisnya

Air baku yang telah melalui pemrosesan hingga pengemasan dan aman untuk diminum berdasarkan standar yang telah ditentukan disebut dengan air minum dalam kemasan. Yang disebut dengan air baku adalah air yang telah memenuhi persyaratan kualitas air bersih sesuai peraturan yang berlaku.¹⁷ Air minum dalam kemasan memiliki beberapa jenis diantaranya sebagai berikut:

a. Air Mineral

Yang disebut dengan air mineral adalah air minum dalam kemasan yang secara alami telah mengandung mineral dalam jumlah tertentu tanpa adanya proses penambahan mineral lagi.

b. Air Demineral

Air demineral yaitu air minum dalam kemasan yang diperoleh melalui proses pemurnian seperti destilasi, delonisasi, reverse osmosis, dan proses setara.¹⁸

c. Air Mineral Murni

Air mineral alami adalah air minum yang diperoleh langsung dari air sumber alami atau juga dari pengeboran sumur, dengan proses terkendali untuk menghindari resiko pencemaran atau pengaruh luar atas sifat kimia, fisika, dan mikrobiologi air mineral alami itu sendiri. Produk air mineral alami harus memenuhi syarat standar mutu Standar Nasional Indonesia (SNI).¹⁹

d. Air Mineral Embun

Air minum embun merupakan air minum yang diperoleh dari proses pengembunan uap air dari udara

¹⁷ Standar Nasional Indonesia Tentang Air Minum dalam Kemasan, 2006

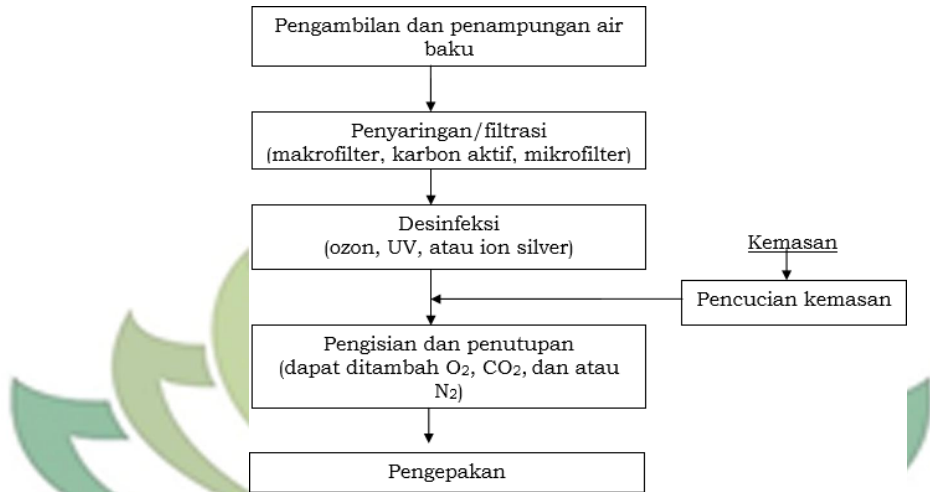
¹⁸ Ibid.,

¹⁹ Peraturan Menteri Perindustrian No. 96/M-IND/PER/12/2011. Hal 12

lembab menjadi tetesan air embun yang kemudian diolah lebih lanjut dengan standar yang ditentukan menjadi air minum yang dikemas.²⁰

2. Proses Produksi Air Minum dalam Kemasan

Air minum dalam kemasan memiliki proses produksi sebagai berikut:



Gambar 2.1 Proses produksi Air Minum dalam Kemasan

a. Pengambilan dan penampungan air baku

Air baku dari sumber air yang akan diproses ditampung dalam bak atau tangki penampung. Jika lokasi sumber air jauh dari pabrik, air tersebut dapat dialirkan menggunakan pipa atau diangkut menggunakan tangki.

b. Penyaringan atau filtrasi

Proses berikutnya adalah filtrasi. Filtrasi dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

1) Penyaringan makrofilter

Penyaringan makrofilter menggunakan pasir atau saringan lain, yang berfungsi untuk

²⁰ Peraturan Menteri Perindustrian No. 96/M-IND/PER/12/2011. Hal 12

menyaring partikel-partikel kasar. Pasir yang digunakan sepadan dengan butir-butir silika (SiO_2) sekurang-kurangnya 95% dengan ukuran tergantung dari mutu kejernihan air yang dinyatakan dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*).

2) Penyaringan karbon aktif

Penyaringan karbon digunakan untuk menyerap bau, rasa warna dan sisa bahan organik.

3) Penyaringan mikrofilter

Penyaringan mikrofilter berukuran sebesar-besarnya 10 mikron, tahapan ini berfungsi menyaring partikel halus.

c. Desinfeksi

Proses desinfeksi dilakukan untuk membunuh mikroba patogen yang terdapat dalam air, sehingga aman untuk dikonsumsi. Desinfeksi dilakukan dengan ozonisasi. Kadar ozon pada tangki pencampur berkisar pada 0,2 – 0,6 ppm dan kadar residu ozon sesaat setelah pengisian berkisar antara 0,1-0,4 ppm. Pemeriksaan kadar residu ozon dilakukan secara periodik dan dibuat data.²¹

Desinfeksi juga dapat dilakukan dengan sinar UV yang bertujuan untuk membunuh bakteri *Escherishia coli* dan semua koliform. Sinar Ultra Violet yang digunakan dalam proses desinfeksi pengolahan air

²¹ Sustika Navratina, Nurjazuli, dan Tri Joko, “Hubungan Desinfeksi Sinar Ultraviolet (Uv) dengan Kualitas Bakteriologis Air Minum pada Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) (Studi di Kecamatan Pontianak Selatan Kota Pontianak),” *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* 7, no. 1 (2019): 412–20.

minum menggunakan radiasi dengan panjang gelombang berkisar 200-295 nm.²²

d. Pencucian kemasan

Kemasan sekali pakai tidak harus dicuci dan atau dibilas, tetapi jika hal ini dilakukan, maka harus secara saniter. Kemasan yang dapat dipakai ulang harus dicuci dan disanitasi dalam mesin pencuci botol. Untuk membersihkan botol dapat digunakan jenis deterjen yang aman untuk pangan dengan suhu 55-75 °C, sedangkan untuk sanitasi dapat digunakan air ozon atau desinfektan lain yang aman untuk pangan. Pemeriksaan kemasan dilakukan secara visual dengan teliti sebelum pencucian.

e. Pengisian dan penutupan

Pengisian dan penutupan botol atau gelas harus dilakukan dengan cara higienis dalam ruang pengisian yang bersih dan saniter. Suhu dalam ruang pengisian maksimal 25°C. Pengisian dapat disertai dengan penambahan O₂, CO₂, dan atau N₂.²³

f. Pengepakan

Pengepakan dapat menggunakan kotak karton, krat plastik atau bahan lainnya.²⁴

B. Air Minum Isi Ulang

Depot air minum didefinisikan sebagai usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen. Depot air minum sebagai salah satu penyelenggara penyediaan air minum di dalam memproduksi air minum wajib memenuhi persyaratan kualitas air minum yang aman bagi kesehatan, yakni memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif sebagaimana yang telah ditentukan dalam Permenkes no 492/Menkes/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum.

²² Dedeh Rosmaniar Sofia, "Perbandingan Hasil Disinfektan Menggunakan Ozon dan Sinar Ultra Violet Terhadap Kandungan Mikroorganisme pada Air Minum Isi Ulang," Jurnal Informasi Kimia dan Modeling 53, no. 9 (2019): 1689–99.

²³ Peraturan Menteri Perindustrian No. 96/M-IND/PER/12/2011. Hal 15

²⁴ Ibid., hal 16

Proses pengolahan air pada depot air minum dilakukan melalui unit pengolahan yaitu:

1. Tangki penampung air baku.
2. Unit pengolahan air (*water treatment*) yang terdiri dari :
 - a. Prefilter, alat ini berfungsi menyaring partikel kasar.
 - b. Karbon filter, alat ini berfungsi sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa klor dan bahan organik.
 - c. Filter lain, filter ini berfungsi sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 micron, dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan tertentu.
 - d. Alat desinfektan yang berfungsi untuk membunuh kuman patogen.
 - e. Alat pengisian, berfungsi memasukkan air minum ke dalam wadah.

Proses pengolahan air minum isi ulang terdiri dari penampungan air baku, penyaringan, desinfeksi/sterilisasi dan pengisian. Proses pengolahan air minum pada intinya harus dapat menghilangkan semua jenis polutan, baik pencemar fisik kimia maupun pencemar biologi.

Proses Penyaringan air minum isi ulang dilakukan secara bertahap terdiri dari :

1. Saringan berasal dari pasir atau saringan lain yang efektif dengan fungsi yang sama. Fungsi saringan pasir adalah menyaring partikel-partikel yang kasar. Bahan yang dipakai adalah butir-butir silika (SiO_2) minimal 80%. Ukuran butir-butir yang dipakai ditentukan dari mutu kejernihan air yang dinyatakan dalam NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*).
2. Saringan karbon aktif yang berasal dari batu bara atau batok kelapa berfungsi sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa klor dan bahan organik. Daya serap terhadap Iodin (I_2) minimal 75%.
3. Saringan/Filter lainnya yang berfungsi sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 (sepuluh) micron.²⁵

²⁵ Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan No. 651/MPP/Kep/2004

C. Standar Baku Kualitas Air Minum

Pemeriksaan mutu produk air dilakukan agar air yang dihasilkan sesuai dengan persyaratan kualitas air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes RI) Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, yaitu meliputi parameter fisik, kimiawi, bakteriologis dan radioaktif.²⁶

Tabel 2.1 Parameter Wajib Kualitas Air Minum

Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimal yang diperbolehkan
a. Parameter Mikrobiologi		
1). <i>E. coli</i>	Jumlah per 100 ml sampel	0
2). Total bakteri <i>Coliform</i>	Jumlah per 100 ml sampel	0
b. Kimia an-organik		
Arsen	mg/L	0.01
Fluorida	mg/L	1.5
Kromium	mg/L	0.05
Kadmium	mg/L	0.003
Nitrit	mg/L	3
Nitrat	mg/L	50
Sianida	mg/L	0.07
Selenium	mg/L	0.01
c. Parameter Fisik		
Bau		Tidak berbau
Warna	TCU	15
Total Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	500

²⁶ Fitri Wahyu Febriyani, Aisyah Elliyanti, dan Mohamad Reza, "Analisis Kadar Timbal (Pb) Air Minum Isi Ulang pada Depot Air Minum (DAM) di Kecamatan Padang Timur Kota Padang Tahun 2017," *Jurnal Kesehatan Andalas* 8, no. 3 (2019): 668, <https://doi.org/10.25077/jka.v8i3.1056>.

Kekeruhan	NTU	5
Rasa		Tidak Berasa
Suhu	C	Suhu udara 3

d. Parameter Kimiawi

Aluminium	mg/L	0.2
Besi	mg/L	0.3
Kesadahan	mg/L	500
Klorida	mg/L	250
Mangan	mg/L	0.4
pH		6.5-8.5
Seng	mg/L	3
Sulfat	mg/L	250
Tembaga	mg/L	2
Amonia	mg/L	1.5

Tabel 2.2 Parameter Tambahan Kualitas Air Minum

Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
Bahan an-organik		
1). Air raksa	mg/l	0.001
2). Antimon	mg/l	0.02
3). Barium	mg/l	0.7
4). Boron	mg/l	0.5
5). Molybdenum	mg/l	0.07
6). Nikel	mg/l	0.07
7). Sodium	mg/l	200
8). Timbal	mg/l	0.01
9). Uranium	mg/l	0.015

D. Pencemaran Logam Berat dalam Air

Salah satu faktor penentu mutu kualitas suatu perairan adalah kadar logam berat di dalamnya. Logam berat merupakan istilah untuk unsur-unsur transisi yang mempunyai massa atom yang tinggi, beracun, dan tidak dapat diproses oleh organisme hidup. Keberadaan logam berat yang berlebih pada suatu perairan akan memberikan dampak buruk, baik berupa pencemaran air ataupun gangguan kesehatan masyarakat sekitar perairan. Kontaminasi logam berat pada suatu perairan secara otomatis akan berdampak pada biota di perairan tersebut, hal ini dapat merusak sistem biokimia pada tubuh hewan dan jika dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan gangguan kesehatan.²⁷

Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi dan keberadaannya secara alami sulit dihilangkan. Logam berat dapat terakumulasi dalam organisme laut termasuk kerang dan ikan. Selain itu, logam berat juga dapat berada di dalam sedimen. Logam berat yang masuk ke perairan pada kadar di atas batas baku mutu akan mencemari perairan dan menyebabkan kerusakan lingkungan perairan.²⁸

Kerusakan lingkungan ini sesungguhnya telah dijelaskan dalam Surah Ar Rum (30) ayat 41 :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ (٤١)

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah

²⁷ Cut Aja Gita Alisa, Muchammad Septyo Albirqi P, dan Ibnu Faizal, “Kandungan Timbal dan Kadmium pada Air dan Sedimen di Perairan Pulau Untung Jawa, Jakarta,” *Akuatika Indonesia* 5, no. 1 (2020): 21, <https://doi.org/10.24198/jaki.v5i1.26523>. hal 21

²⁸ Cyrum Barnike Beru Ketaren dkk., “Kandungan Logam Berat Pb Undur-Undur Laut dan Implikasinya pada Kesehatan Manusia,” *Jurnal Biologi Tropis* 19, no. 1 (2019), <https://doi.org/10.29303/jbt.v19i1.1066>. hal 91

merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”.

Ayat tersebut menjelaskan mengenai kerusakan-kerusakan yang terjadi di daratan dan juga laut (perairan), yang mana kerusakan tersebut mengakibatkan ketidakseimbangan lingkungan yang berdampak pada seluruh makhluk hidup. Salah satu kerusakan lingkungan adalah pencemaran logam berat yang keberadaannya bisa disebabkan oleh tangan manusia, seperti pembuangan limbah industri ke perairan.

Allah SWT juga melarang hamba-Nya melakukan tindakan yang dapat mencemari lingkungan, seperti yang diriwayatkan dalam suatu hadist. Rasulullah SAW bersabda :

الظِّلُّ وَ يَقِي الطَّرِيعَةَ قَارٍ وَ دَارٍ وَ الْمَ فِي أَرْ الْبِرَّةِ ثَلَاثَةٌ عَنِ الْمَلَأِ اتَّقُوا

Artinya: “*Jauhilah tiga macam perbuatan yang dilaknat ; buang air besar di sumber air, ditengah jalan, dan di bawah pohon yang teduh.*” (HR. Abu Daud).

Membuang air besar (kotoran) pada sumber air merupakan tindakan tidak terpuji yang dapat mencemari air dan menurunkan kualitas air. Selain itu di masa sekarang ini bentuk pencemaran lingkungan tidak hanya sekedar buang air, tetapi banyak hal lain yang lebih berbahaya seperti logam berat.

Menurut Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, toksisitas logam berat dapat dibagi ke dalam 3 kelompok, yaitu bersifat toksik tinggi yang terdiri dari atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn, bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co, dan bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe.²⁹

Jumlah besar logam berat yang mengkontaminasi sistem akuatik diakumulasikan melalui air, sedimen, ikan dan rantai makanan akuatik, sehingga berdampak buruk pada keseimbangan ekologis lingkungan penerima dan pada berbagai organisme air. Kelebihan jumlah logam ini memasuki ekosistem perairan dapat

²⁹ Amelia dan Rahmi, “Analisa Logam Berat pada Air Minum dalam Kemasan (AMDK) yang Diproduksi di Kota Batam.”, 2017. Hal 435

mencemari lingkungan dan juga mempengaruhi rantai makanan dan pada akhirnya menimbulkan resiko kesehatan manusia yang serius. Masalah pencemaran air yang tersebar luas ini membahayakan kesehatan manusia, air yang tidak aman membunuh lebih banyak orang setiap tahunnya. Polusi air terjadi ketika zat berbahaya bahan kimia atau mikroorganisme mencemari aliran sungai, danau, lautan atau badan air lainnya, menurunkan kualitas air dan menjadikan beracun bagi manusia atau lingkungannya.³⁰

E. Timbal (Pb) dan Toksisitasnya

1. Sifat Fisika dan Kimia Timbal

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang sering juga disebut dengan istilah timah hitam (plumbum). Pb biasa digunakan untuk melapisi logam, agar tidak timbul perkaratan.³¹

Timbal yang disimbolkan dengan Pb, merupakan logam berat golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia. Memiliki warna biru kelabu dan bersifat lunak. Timbal (Pb) memiliki titik didih 1620°C dan titik leleh $327,502^{\circ}\text{C}$. Logam ini dapat mengerut pada suhu dingin. Timbal dapat larut dalam HNO_3 , asam asetat, dan asam sulfat pekat.³²

2. Toksisitas Timbal

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang berdaya racun tinggi jika terakumulasi dalam tubuh manusia, karena logam tersebut dapat terikat dengan gugus tiol dalam protein tubuh, sehingga dapat menghambat aktivitas enzim

³⁰ Jais, "Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) yang Terdapat dalam Air dan Ikan di Sungai Tallo Makassar.", 2020, hal 263

³¹ Febriwani, Elliyanti, dan Reza, "Analisis Kadar Timbal (Pb) Air Minum Isi Ulang pada Depot Air Minum (DAM) di Kecamatan Padang Timur Kota Padang Tahun 2017." Hal 669

³² Lidya Fernanda, "Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr), dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) dan Sifat Fraksionasinya pada Sedimen Laut" (Skripsi, Depok: Universitas Indonesia, 2012), hal 9

yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin, dapat menyebabkan kerusakan pada perkembangan otak anak, penyumbatan sel darah merah, anemia, hipertensi dan penyebab penyakit hati. Pb adalah logam toksik karsinogenik yang berpotensi menyebabkan gangguan seperti disfungsi ginjal, sakit kepala, kerusakan saraf, dan nyeri perut.³³

Timbal (Pb) dapat mempengaruhi sistem kerja saraf pusat, ginjal, hematopoetik, gastrointestinal, sistem kardiovaskular, muskuloskeletal, reproduksi, neurologis, endokrinologis dan imunologi. Paparan timbal tingkat rendah dapat berpengaruh pada perkembangan saraf. Selama perkembangan otak, tingginya kadar timbal dalam darah (PbB) dapat mengganggu proses pemangkasan sinaptik, migrasi neuron, dan interaksi neuron atau glia. Perubahan yang terjadi pada proses-proses tersebut dapat mengakibatkan kegagalan untuk membangun koneksi yang sesuai antara struktur dan fungsi secara permanen.³⁴

Paparan timbal dalam tubuh dapat mengganggu sistem reproduksi pria, salah satunya mengakibatkan penurunan kualitas semen. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa paparan timbal sebesar 5.29–7.25 µg/dl dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas semen pada pria. Apabila kadar timbal dalam darah lebih besar dari 20 µg/dl, hal ini dapat menurunkan hemoglobin dan meningkatkan risiko terkena anemia.³⁵

³³ Shah Jehan dkk., “Human health risks by potentially toxic metals in drinking water along the Hattar Industrial Estate, Pakistan,” *Environmental Science and Pollution Research* 27, no. 3 (2020): 2677–90, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07219-y>. hal 2

³⁴ Shakhawat Chowdhury dkk., “Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications, and future needs in developing countries,” *Science of the Total Environment*, 2016, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.166>. hal 480

³⁵ Dian Yuni Pratiwi, “Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia,” *Jurnal Akuatek* 1, no. 1 (2020): 59–65; Shahnawaz Baloch dkk., “Occupational exposure of lead and cadmium on adolescent and adult workers of battery recycling and welding workshops: Adverse impact on health,” *Science of the Total Environment* 720 (2020): 137549, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137549>. hal 12

F. Kadmium (Cd) dan Toksisitasnya

1. Sifat Fisika dan Kimia Kadmium

Kadmium merupakan logam berat berwarna putih perak yang memiliki massa jenis $8,65 \text{ g/cm}^3$, bernomor atom 40, dan memiliki berat atom 112,4. Kadmium memiliki titik leleh 321°C dan titik didih 767°C . Bersifat lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, tahan panas, dan tahan terhadap korosi.³⁶

2. Toksisitas Kadmium

Sumber Antropogenik cadmium (Cd) di lingkungan dapat berasal dari pemurnian dan peleburan tembaga dan nikel, penggunaan pupuk fosfat, dan pembakaran bahan bakar fosil. Kadmium juga hadir sebagai polutan pada pabrik-pabrik peleburan logam non-besi dan daur ulang limbah elektronik. Selain itu aktivitas vulkanik, proses erosi dan abrasi batuan dan tanah secara bertahap serta kebakaran hutan merupakan salah satu penyebab meningkatnya konsentrasi kadmium (Cd) di lingkungan hidup (atmosfer, tanah, dan air).³⁷

Keracunan kadmium ringan dapat menyebabkan perut mual, muntah-muntah, diare, luka hati, syok dan gagal ginjal, sedangkan keracunan berat menyebabkan sakit ginjal, liver, tulang rapuh dan kerusakan sel-sel darah. Dalam paparan kronis Cd dapat merusak sistem kerangka dan menyebabkan keterbelakangan mental pada pertumbuhan pada anak-anak.³⁸

Kadmium bersifat sangat beracun bahkan dalam konsentrasi rendah jika terakumulasi dalam suatu organisme atau ekosistem, dan mampu bertahan jangka panjang dalam

³⁶Festri Istarani dan Ellina S. Pandebesie, “Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan” 2014, hal 54

³⁷ Giuseppe Genchi dkk., “The effects of cadmium toxicity,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, <https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>. hal 2

³⁸ Amelia dan Rahmi, “Analisa Logam Berat pada Air Minum dalam Kemasan (AMDK) yang Diproduksi di Kota Batam” 2017; Jehan dkk., “Human health risks by potentially toxic metals in drinking water along the Hattar Industrial Estate, Pakistan.” Hal 2

tubuh manusia sekitar 10 sampai 33 tahun. Paparan kadmium dalam jangka panjang juga dapat menyebabkan kerusakan ginjal. Logam berat Cd yang tertimbun dalam jaringan dan berikatan dengan protein disebut dengan metalotionein, bersifat agak permanen dan mempunyai waktu paruh yang cukup lama. Cd merupakan logam berat yang memiliki toksisitas yang tinggi setelah Hg.³⁹

Dalam beberapa penelitian, kadmium disebutkan dapat mempengaruhi sistem rangka. Paparan kadmium dapat menyebabkan demineralisasi tulang, dimana hal tersebut dapat langsung terjadi pada sel tulang.⁴⁰

Cd dilaporkan dapat mempengaruhi kualitas semen dan fungsi testis, serta ketidakseimbangan hormonal. Dalam sebuah studi eksperimental mengenai hubungan Cd dengan sistem reproduksi menunjukkan hasil bahwa penetrasi Cd ke dalam jaringan testis menunjukkan adanya kerusakan fungsi testis yang ditunjukkan dengan gangguan spermatogenesis dan motilitas sperma pada reproduksi pria⁴¹. Pada wanita, paparan kadmium dalam tubuh dapat mengakibatkan gangguan pada siklus menstruasi dan hormon reproduksi, terlambatnya haid dan pubertas, kelahiran prematur dan keguguran.⁴²

³⁹ Eri Yusni dan Tri Pardiana Setiani, "Heavy Metal Cadmium (Cd) and Lead (Pb) in Vaname Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Collected From Traditional Markets in Medan City, Indonesia," *Aquasains* 7, no. 2 (2019): 707, <https://doi.org/10.23960/aqs.v7i2.p707-714>. hal 708

⁴⁰ Mehrdad Rafati Rahimzadeh dkk., "Cadmium toxicity and treatment: An update," *Caspian Journal of Internal Medicine*, 2017, <https://doi.org/10.22088/cjim.8.3.135>. hal 137

⁴¹ Sunil Kumar dan Anupama Sharma, "Cadmium toxicity: Effects on human reproduction and fertility," *Reviews on Environmental Health*, 2019, <https://doi.org/10.1515/reveh-2019-0016>. hal 5.

⁴² Genchi dkk., "The effects of cadmium toxicity." 2020 hal 4.

G. Spektrofotometer Serapan Atom (*Atomic Absorption Spectrophotometry*)

1. Pengertian

Spektrofotometer Serapan atom merupakan sebuah alat yang digunakan untuk kegiatan analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom pada energi tingkat dasar⁴³. Analisis menggunakan SSA berdasarkan pengukuran banyaknya intensitas cahaya yang diserap oleh atom-atom pada logam yang diuji. Terserapnya energi oleh atom-atom mengakibatkan tereksitasnya elektron. Intensitas cahaya yang digunakan pada saat eksitasi sebanding dengan jumlah atom pada tingkat dasar yang menyerap energi cahaya tersebut. Karenanya, untuk menentukan konsentrasi unsur dalam sampel dilakukan dengan mengukur cahaya yang diserap (absorbansi) dan intensitas cahaya yang diteruskan (transmitansi).⁴⁴



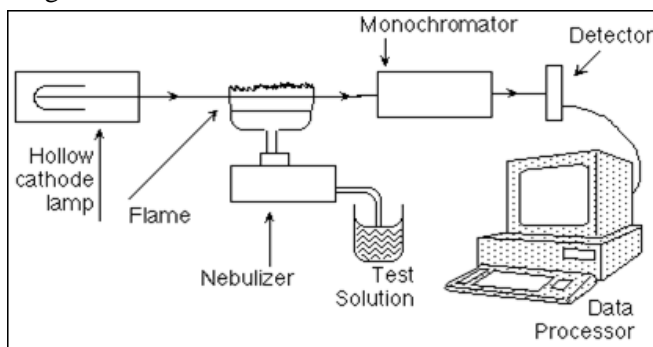
Gambar 2.2 Alat Spektrofotometer Serapan Atom

⁴³ M Nasir, Spektrometri Serapan Atom (Banda Aceh: Syiah Kuala University Press, 2019).

⁴⁴ Ingerit Damayanti, "Validasi Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) untuk Penetapan Kadar Kalsium dalam Tulang Femur Tikus" (Skripsi, Jember : Universitas Jember, 2015)

2. Instrumen Spektrofotometri Serapan Atom

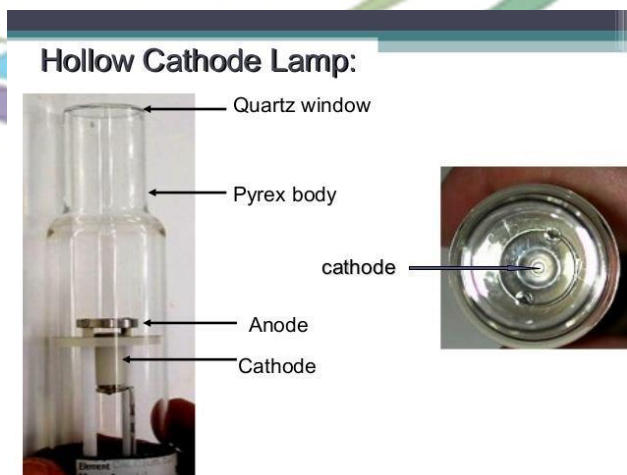
Secara umum instrumen alat spektrofotometer serapan atom di gambarkan dalam sistematika berikut:



Gambar 2.3 Sistematika *Atomic Absorption Spectrophotometry*

a. Sumber Radiasi Resonansi

Sumber radiasi yang umum dipakai adalah lampu katoda berongga (*Hollow Cathode Lamp*). Lampu ini berupa tabung yang tersusun atas katoda dan anoda.⁴⁵



Gambar 2.4 Lampu Katoda Berongga

⁴⁵ Ratti Nur Ainna, "Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) dalam Air Sungai Kelay Kabupaten Berau Kalimantan Timur dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)" (Skripsi, Makassar : UIN Alauddin Makassar, 2013) hal 24

Tabung lampu biasanya terbuat dari silica atau kuarsa, diisi dengan gas pengisi yang dapat menghasilkan proses ionisasi. Ion-ion gas yang bermuatan positif akan menembaki atom yang terdapat pada katoda, dan menyebabkan tereksitasnya atom-atom tersebut. Sifat atom yang tereksitasi tidak stabil, sehingga akan kembali ke tingkat dasar dengan melepaskan energi eksitasinya dalam bentuk radiasi.⁴⁶

b. Tabung Gas

Spektrofotometer Serapan Atom memiliki tabung gas yang digunakan untuk menampung gas pembakar dalam suatu gas pengoksidan. Berisi gas asetilen dengan suhu yang berkisar 20000K. Namun ada juga tabung gas yang berisi gas yang lebih panas yaitu N_2O dengan suhu berkisar 30000K..⁴⁷

Berikut adalah jenis-jenis gas pembakar pada Spektrofotometer Serapan Atom yang tersaji dalam tabel.

Tabel 2.3 Jenis-Jenis Gas Pembakar pada SSA

Gas Pembakar	Gas Oksidan	Temperatur (°K)
Asetilen	Udara	2400-2700
Asetilen	Dinitrogen Oksida	2900-3100
Asetilan	Oksigen	3300-3400
Hidrogen	Udara	2300-2400
Hidrogen	Oksigen	2800-3000

c. Atomizer

Atomizer pada SSA terdiri dari sistem pengabut (*nebulizer*), *spray chamber*, dan sistem pembakar

⁴⁶ Nasir, *Spektrometri Serapan Atom*. (Banda Aceh : Syiah Kuala University Press, 2019) hal 2.

⁴⁷ Nasir.

(*burner*). Fungsi dari *nebulizer* adalah untuk mengonversi larutan menjadi aerosol (butiran kabut). Partikel-partikel kabut halus kemudian masuk ke dalam nyala api bersama dengan gas pembakar.

Spray chamber memiliki fungsi untuk membuat campuran homogen antara bahan bakar, gas oksidan, dan aerosol sebelum memasuki sistem pembakar. Sedangkan *burner* merupakan tempat terjadinya atomisasi dengan mengubah kabut atau uap dari unsur yang akan dianalisis menjadi atom normal dalam nyala. Terdapat satu bagian alat yang dinamakan *chopper*, yang berfungsi untuk membedakan radiasi yang berasal dari sumber radiasi dengan radiasi nyala api.⁴⁸

d. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk mengisolasi atau memisahkan resonansi tunggal yang dipancarkan oleh sumber radiasi primer dari garis monoabsorpsi yang terletak di dekatnya dalam spektrum sumber.⁴⁹

e. Detektor

Detektor berfungsi mengukur radiasi yang ditransmisikan oleh sampel dan mengukurnya dalam bentuk energi listrik.⁵⁰

f. Rekorder

Sinyal listrik yang dikeluarkan oleh detektor akan diterima oleh perangkat yang akan secara otomatis menggambarkan kurva absorpsi. Rekorder pada SSA memiliki fungsi untuk mengubah sinyal yang diterima tersebut ke dalam bentuk digital dengan satuan absorbansi.⁵¹

⁴⁸ Nasir. hal 3-4

⁴⁹ Asha Varma, *CRC Handbook of Furnance Atomic Absorption Spectroscopy* (Florida: CRC Press, 2018). Hal 7

⁵⁰ Nasir, *Spektrometri Serapan Atom*. Hal 5

⁵¹ Nasir.

3. Kelebihan dan Kekurangan

Analisis menggunakan spektrofotometer serapan atom memiliki kelebihan dalam kecepatan analisisnya, dan tidak perlu memisahkan unsur yang akan dianalisis, asalkan tersedia lampu katoda berongga yang diperlukan⁵². Spektrofotometer serapan atom juga memiliki kemampuan untuk menganalisis zat pada konsentrasi rendah.⁵³

Dibalik kelebihan yang dimiliki Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) terdapat kekurangan juga yang diantaranya, penggunaan SSA dinilai kurang sensitif jika dilakukan pengukuran pada sampel bukan logam.

H. Kerangka Berpikir

Air menjadi kebutuhan terpenting dalam kehidupan manusia, berbagai macam aktivitas sehari-hari membutuhkan keberadaan air, salah satunya adalah kebutuhan air untuk minum. Sekitar 70% penyusun tubuh manusia terdiri atas air, karenanya perlu diperhatikan kualitas air yang masuk ke dalam tubuh, tidak boleh tercemar yang salah satunya pencemaran logam berat. Jika logam berat dengan konsentrasi tinggi terakumulasi jangka panjang dalam tubuh, dapat berpengaruh buruk bagi kesehatan. Seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang dapat mengakibatkan berbagai gangguan kesehatan seperti gangguan sistem reproduksi, ginjal dan kanker.

Meningkatnya kebutuhan air untuk minum berpengaruh pada peningkatan industri penyedia air minum meliputi air minum dalam kemasan (AMDK) dan air minum isi ulang (AMIU). Merek-merek lokal baru kini banyak bermunculan. Sebagian masyarakat memilih air minum dalam kemasan karena meskipun memiliki harga yang tinggi, air minum dalam kemasan

⁵² Octaviana Manuhutu, “Penetapan Kadar Lidokain HCl dalam Sediaan Injeksi Secara Spektrofotometri Serapan Atom Tidak Langsung” (Skripsi, Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma, 2009) hal 19

⁵³ Wahyu Fajer Lestari, “Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) Asal Pantai Kenjeran Surabaya Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)” (Skripsi, Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2015) hal 25

dianggap memiliki kualitas yang baik, sebagian lagi memilih air minum isi ulang karena mudah didapat dan harganya lebih murah jika dibandingkan dengan air minum isi ulang.

Selain harganya yang berbeda, pengadaan industri kedua air minum ini pun berbeda. Industri AMDK harus memiliki laboratorium dan didirikan di lokasi dengan Izin Usaha Industri (IUI), sedangkan industri AMIU tidak memiliki laboratorium dan dapat berdiri di area perumahan. Selain itu didapati fakta bahwa banyak industri Depot Air Minum Isi Ulang di Kota Bandar Lampung termasuk di Kecamatan Sukarame yang bertindak tidak sesuai dengan peraturan. Diantaranya seperti tidak melaksanakan penilikan kualitas air minum, serta tidak didapatkannya pendidikan atau pelatihan tentang *higiene* dan sanitasi bagi pengelola depot. Hasil wawancara menunjukkan sebanyak 75% pengelola mengaku tidak pernah mengikuti kegiatan penataran atau *training* mengenai *higiene* sanitasi.

Akan tetapi meskipun antara AMDK dan AMIU memiliki harga dan prosedur yang berbeda, ternyata terdapat penelitian yang menunjukkan adanya kandungan logam berat Pb dan Cd yang melebihi batas maksimal yang telah ditentukan baik dalam air minum dalam kemasan maupun dalam air minum isi ulang. Dengan demikian penulis melakukan penelitian mengenai analisis kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air minum dalam kemasan dan air minum isi ulang di Kecamatan Sukarame.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Titin, dan Fakultas Teknik. "Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya pada Kesehatan." *Teknobuga* 1, no. 1 (2014): 53–65.
- Ainna, Ratti Nur, "Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) dalam Air Sungai Kelay Kabupaten Berau Kalimantan Timur dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)" (Skripsi, Makassar : UIN Alauddin Makassar, 2013)
- Alisa, Cut Aja Gita, Muchammad Septyo Albirqi P, dan Ibnu Faizal. "Kandungan Timbal dan Kadmium pada Air dan Sedimen di Perairan Pulau Untung Jawa, Jakarta." *Akuatika Indonesia* 5, no. 1 (2020): 21. <https://doi.org/10.24198/jaki.v5i1.26523>.
- Amelia, Fitrah, dan Rahmi. "Analisa Logam Berat pada Air Minum dalam Kemasan (AMDK) yang Diproduksi di Kota Batam." *Jurnal Dimensi* 6, no. 3 (2017): 434–41.
- Anisa, Nurul, "Analisis Logam Berat Timbal (Pb), Cadmium (Cd), dan Cromium (Cr) di Sungai Way Tiplek Tanjung Bintang Lampung Selatan" (Skripsi, Lampung : UIN Raden Intan Lampung, 2021)
- Ardiyanto, Oki, "Kajian Yuridis Sosiologis Tentang Kualitas Air Minum Isi Ulang Ditinjau dari Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum" (Skripsi, Semarang : Universitas Negeri Semarang, 2015)
- Armijn, Abiyyu, Agoes Soegianto, Jl Mulyorejo, dan Kampus C Unair Surabaya. "Perbandingan Bioakumulasi Logam Berat Melalui Kontak Lingkungan pada Mangrove , Crustacea (*P. monodon*), dan Bivalvia (*Anadara sp .*) (Studi Kasus : Paparan Bahan Pencemar Lumpur Lapindo)," no. 907 (2020). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27602.58565>.
- Baloch, Shahnawaz, Tasneem Gul Kazi, Jameel Ahmed Baig, Hassan Imran Afridi, dan Mohammad Balal Arain. "Occupational exposure of lead and cadmium on adolescent and adult workers of battery recycling and welding workshops: Adverse impact on

health.” *Science of the Total Environment* 720 (2020): 137549.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137549>.

Beru Ketaren, Cyrum Barnike, Agus Alim Hakim, Achmad Fahrudin, dan Yusli Wardiyatno. “Kandungan Logam Berat Pb Undur-Undur Laut dan Implikasinya pada Kesehatan Manusia.” *Jurnal Biologi Tropis* 19, no. 1 (2019).
<https://doi.org/10.29303/jbt.v19i1.1066>.

Chen, Bouwei dkk., “A unique Pb-binding flagellin as an effective remediation tool for Pb contamination in aquatic environment,” *Journal of Hazardous Materials* 363, no. June 2018 (2019): 34–40, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.10.004>.

Chowdhury, Shakhawat, M. A.Jafar Mazumder, Omar Al-Attas, dan Tahir Husain. “Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications, and future needs in developing countries.” *Science of the Total Environment*, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.166>.

Damayanti, Ingerit, “Validasi Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) untuk Penetapan Kadar Kalsium dalam Tulang Femur Tikus” (Skripsi, Jember : Universitas Jember, 2015)

Febriwani, Fitri Wahyu, Aisyah Elliyanti, dan Mohamad Reza. “Analisis Kadar Timbal (Pb) Air Minum Isi Ulang pada Depot Air Minum (DAM) di Kecamatan Padang Timur Kota Padang Tahun 2017.” *Jurnal Kesehatan Andalas* 8, no. 3 (2019): 668.
<https://doi.org/10.25077/jka.v8i3.1056>.

Fernanda, Lidya “Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr), dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) dan Sifat Fraksionasinya pada Sedimen Laut” (Skripsi, Depok: Universitas Indonesia, 2012)

Fortuna, Inti Bintang, “Pengaruh Kualitas Produk dan Harga Terhadap Keputusan Pembelian Air Minum dalam Kemasan (AMDK) Merek Aqua dalam Perspektif Ekonomi Islam” (Skripsi, Bandar Lampung: UIN Raden Intan Lampung, 2018)

Genchi, Giuseppe, Maria Stefania Sinicropi, Graziantonio Lauria, Alessia Carocci, dan Alessia Catalano. “The effects of cadmium

toxicity.” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>.

Gusnita, Dessy “Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) di Udara dan Upaya Penghapusan Bensin Bertimbal,” *Berita Dirgantara* 13, no. 3 (2012): 95–101

Halim, Abdul Daulay, Kartika Manalu, dan Masthura. "Pengaruh Kombinasi Media Filter Karbon Aktif dengan Zeolit dalam menurunkan Kadar Logam Air Sumur" *Journal of Islamic Science and Technology*. no 2 (2019): 91- 96

Irawan, Faried Widjaya. *Pemasaran Prinsip dan Kasus*. yogyakarta: BPFE-Yogyakarta, 1996.

Jais, Nurjhanna. “Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) Dan Kromium (Cr) yang Terdapat dalam Air dan Ikan di Sungai Tallo Makassar” 01, no. 03 (2020): 261–74.

Jehan, Shah, Seema Anjum Khattak, Said Muhammad, Liaqat Ali, Abdur Rashid, dan Mian Luqman Hussain. “Human health risks by potentially toxic metals in drinking water along the Hattar Industrial Estate, Pakistan.” *Environmental Science and Pollution Research* 27, no. 3 (2020): 2677–90. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07219-y>.

Kabuhung, Anselmus, D.T. Sembel, dan I.F.M. Rumengan. “Kadar Logam Berat (Pb, Cd, Hg dan As) pada Sumber dan Air Minum Isi Ulang (AMIU) Di Kota Manado.” *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan* 1 (2013).

Kamus Besar Bahasa Indonesia Online

Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan No. 651/MPP/Kep/2004

Kesumaningrum, Freshty, Nurul Afifah Ismayanti, dan Muhaimin Muhaimin. “Analisis Kadar Logam Fe, Cr, Cd dan Pb dalam Air Minum Isi Ulang di Lingkungan Sekitar Kampus Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).” *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)* 2, no. 01 (2019): 41–46.

<https://doi.org/10.20885/ijca.vol2.iss1.art6>.

Kumar, Sunil, dan Anupama Sharma. "Cadmium toxicity: Effects on human reproduction and fertility." *Reviews on Environmental Health*, 2019. <https://doi.org/10.1515/reveh-2019-0016>.

Lestari, Wahyu Fajeri, "Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Teripang Terung (*Phyllophorus sp.*) Asal Pantai Kenjeran Surabaya Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)" (Skripsi, Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2015)

Manuhutu, Octaviana "Penetapan Kadar Lidokain HCl dalam Sediaan Injeksi Secara Spektrofotometri Serapan Atom Tidak Langsung" (Skripsi, Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma, 2009)

Margareta, Silvi Nadya, "Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada Air Minum Isi Ulang di Kota Malang Berbasis Spektroskopi Serapan Atom Menggunakan Metode PCA", (Skripsi, Malang : UIN Maulana Malik Ibrahim, 2019)

Nasir, M. *Spektrometri Serapan Atom*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press, 2019.

Navratinova, Sustika, Nurjazuli, dan Tri Joko. "Hubungan Desinfeksi Sinar Ultraviolet (Uv) dengan Kualitas Bakteriologis Air Minum pada Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) (Studi di Kecamatan Pontianak Selatan Kota Pontianak)." *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* 7, no. 1 (2019): 412–20.

Nurul, Muh. Ma'arif, Mary Selintung, dan Bambang Bakri, "Analisis Kualitas Air Minum Isi Ulang di Kota Makassar" (2017)

Peraturan Menteri Kesehatan No. 43 Tahun 2014 Tentang Higiene Sanitasi Depot Air Minum BAB III Pasal 4 ayat (2).

Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/Menkes/Per/IV/2010

Peraturan Menteri Perindustrian No. 96/M-IND/PER/12/2011

Pratiwi, Dian Yuni. "Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) terhadap Organisme

Perairan dan Kesehatan Manusia.” *Jurnal Akuatek* 1, no. 1 (2020): 59–65.

Pulungan, Ahmad Fikri “Analisis Kandungan Logam Kadmium (Cd) dalam Air Minum Isi Ulang (AMIU) di Kota Lhokseumawe” 7, no. 1 (2020): 1–5

Purba, Imelda Gernaui. “Pengawasan Terhadap Penyelenggaraan Depot Air Minum dalam Menjamin Kualitas Air Minum Isi Ulang Supervision of Implementation of Drinking Water Depot in Ensuring Quality of Refill Drinking Water Pendahuluan.” *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat* 6, no. 2 (2015): 65–66.

Purhadi, Anita Iufianti, Meity Mulya Susanti. “Perbedaan Air Minum Masak dan Air Minum Ultraviolet Terhadap Adanya Bakteri *E.Coli* di Kecamatan Karangrayung Kabupaten Grobongan.” *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* 3, no. 1 (2010): 1–7.

Rahimzadeh, Mehrdad Rafati, Mehravar Rafati Rahimzadeh, Sohrab Kazemi, dan Ali Akbar Moghadamnia. “Cadmium toxicity and treatment: An update.” *Caspian Journal of Internal Medicine*, 2017. <https://doi.org/10.22088/cjim.8.3.135>.

Rangga, Azhari, Harun Al Rasyid, Neti Yuliana, dan Gilang Muhamad E. “Profil Depot Air Minum Isi Ulang dan Penerapan Analisis TOC pada Pemeriksaan Kualitas Air Minum Berdasarkan Sumber Air yang Digunakan di Bandar Lampung.” *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian* 20, no. 2 (2015): 86–96.

Salsabilla, Riska Oktavioni, Bagus Pratama, dan Dian Isti Angraini. “Kadar Timbal Darah pada Kesehatan Anak.” *Jurnal Penelitian Perawat Profesional* 2, no. 2 (2020): 119–24. <https://doi.org/10.37287/jppp.v2i2.54>.

Satriawan, Erian Febri, Ita Widowati, dan Jusup Suprijanto, “Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd) dalam Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Didaratkan di Tambak Lorok Semarang,” *Journal of Marine Research* 10, no. 3 (2021): 437–45, <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i3.30155>.

Sofia, Dedeh Rosmaniar. “Perbandingan Hasil Disinfektan

Menggunakan Ozon dan Sinar Ultra Violet Terhadap Kandungan Mikroorganisme pada Air Minum Isi Ulang.” *Jurnal Informasi Kimia dan Modeling* 53, no. 9 (2019): 1689–99.

Suryo, Rieziq Aldi, Bambang Yulianto, dan Adi Santoso, "Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Air Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna Viridis*) di Pantai Mekar, Muara Gembong, Bekasi" 10, No 3 (2021): 428-436

Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3553-2006. Air Minum dalam Kemasan

Tan, Valentinus, "Hubungan Kondisi Lokasi dan Alat Perlengkapan pada Depot Air minum Isi Ulang dengan Kualitas Bakteriologi di Kabupaten Ende Tahun 2014," *Jurnal Teknik Universitas Flores*. Vol 8, No. 1 (2014)

Varma, Asha. *CRC Handbook of Furnance Atomic Absorption Spectroscopy*. Florida: CRC Press, 2018.

Yusni, Eri, dan Tri Pardiana Setiani. "Heavy Metal Cadmium (Cd) and Lead (Pb) in Vaname Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Collected from Traditional Markets in Medan City, Indonesia.” *Aquasains* 7, no. 2 (2019): 707. <https://doi.org/10.23960/aqs.v7i2.p707-714>.

Yusuf, Muri. *Metode Penelitian : Kuantitatif, Kualitatif, dan Penelitian Gabungan*. Jakarta: Kencana, 2014.